

*З. Я. ЛУРЬЕ, В. А. МАКЕЙ, Е. Н. ЦЕНТА*

## **ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ СЛЕДЯЩЕГО ГИДРОАГРЕГАТА НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАКТОРА**

У статті викладено результати досліджень перехідних процесів тиску на виході насосного агрегату, переміщень золотника гідророзподільника і штока гідроциліндра та інших перемінних, що відбивають вплив на динаміку гідроагрегату нелінійності елементів, двофазності робочої рідини, змінності коефіцієнтів витрати тощо.

The article contains the research results of pressure transients at the pump unit outlet, of the displacement of hydraulic control valve and of hydraulic cylinder piston and other variables, that indicate the influence on dynamics of hydraulic unit of components non-linearity, of working fluid two-phasing, of flow factor variability and other.

### **Введение**

Гидрофикация тракторов привела к применению в их конструкциях автономных гидроагрегатов (ГА) навесного оборудования, рулевого управления, коробки передач и т. д., питаемых от одного насоса. В такой объединенной гидросистеме реализуется принцип LS, при котором мгновенное значение нагрузки служит сигналом обратной связи для гидроустройства, устанавливающего необходимое давление насоса. Давление насоса поддерживается равным давлению нагрузки наиболее нагруженного ГА. При этом подача от одного насоса распределяется между ГА по приоритетам путем подбора специальных приоритетных модулей [1].

Важное место в гидросистеме трактора занимает ГА навесного оборудования (НО), позволяющий улучшить операции обработки земли, такие как вспашка, боронование и др. Важными характеристиками функционирования ГА НО являются показатели качества переходных процессов, определяемые структурой ГА, элементной базой, законом управления.

Настоящая статья посвящена переходным процессам гидроагрегата навесного оборудования трактора, разработанного ОАО «ХТЗ», НИИ Гидроприводом и НПП «Хартрон-Экспресс».

### **Анализ публикаций**

Фирмой «Bosch Rexroth» (ФРГ) разработана система EHR-4 с регулирующим устройством EHR-D для тракторов. Система обеспечивает регулирование положения НО, тягового усилия на тракторе, смешанное (положение и усилие) регулирование и др. При этом используется регулируемая гидроаппаратура, плунжерные гидроцилиндры, нерегулируемый насос. Однако, при съеме или ремонте механизма подъема и опускания НО плунжерный гидроцилиндр оказывается неработоспособным;

отсутствие измерительного преобразователя перемещения золотника дросселирующего гидрораспределителя влияет на динамические характеристики системы и на точность позиционирования НО; отсутствие информации в виде осциллограмм переходных процессов не позволяет оценить ее динамику. В ИМИНМАШ НАН Беларуси создана система позиционного регулирования навесного устройства, в которой введены обратные связи по давлению в нагнетательной магистрали, по перемещению штока цилиндра и усилию со стороны почвы [2]. Из обзора работ следует, что вопросам динамики уделяется недостаточное внимание.

### **Постановка задачи**

Задачей данной работы является исследование переходных процессов отечественного ГА НО и оценка влияния различных параметров на показатели качества: нелинейность гидроустройств ГА, двухфазность рабочей жидкости (РЖ), переменность коэффициента расхода  $\mu$ , сжимаемость РЖ в напорном и сливном трубопроводах, ограничения перемещений золотников гидроустройств, положительные перекрытия дросселирующих щелей, деформации стенок трубопроводов и цилиндров.

### **Решение**

На рис. 1 изображена принципиальная схема отечественного ГА, на основе которой выполнено математическое описание гидроустройств, их совокупности и процессов, протекающих в целом [3 – 5].

Укрупненно ГА в режиме перемещения НО работает следующим образом. После подачи управляющего воздействия с согласующего блока дросселирующего гидрораспределителя (СБГР), например, на ЭГП<sub>1</sub>, плунжер, перемещается, что вызывает увеличение давления  $p_3$ . При этом золотник ГР смещается влево в позицию В и открывает доступ РЖ в поршневые полости ГЦ. Происходит подъем НО до заданной высоты. Со штоковых полостей РЖ сливается в бак. Сигналы о фактическом перемещении золотника ГР и штоков ГЦ поступают в микропроцессорный блок управления (МПБУ), где в совокупности с другими сигналами обеспечивают заданную высоту. Опускание НО происходит при подаче управляющего сигнала на ЭГП<sub>2</sub> (при этом ЭГП<sub>1</sub> отключен), что вызывает работу перечисленных элементов в обратном порядке.

При построении модели, изложенной в работах [3 – 5] приняты следующие допущения: напорные и сливные кромки ГР симметричны; температура, плотность и коэффициент динамической вязкости РЖ – постоянные, равные средним значениям; влияние пульсации подачи насоса (она составляет 1 – 3 %) на неравномерность скорости перемещения штока ГЦ в установившихся и переходных процессах не учитывается; волновые процессы не рассматриваются.



$v_z$  (на рис.  $V_z$ ) и перемещения  $y_z$  (на рис.  $Y_z$ ) штока ГЦ. На рис. 2 изображены кривые этих переменных при подъеме НО на максимальную высоту 0,25 м при отсутствии газовой составляющей ( $m_0 = 0$ ) в РЖ с коэффициентами обратных связей по перемещению штока ГЦ  $k_{0Z} = 10$  В/м и золотника ГР  $k_{0ГР} = 800$  В/м. Подъем НО начинается не с начала отсчета, а с  $t = 0,1$  с, что связано с наличием нагрузки. Давление  $p_H$  возрастает до 20 МПа и после возвращения золотника ГР в исходное положение ( $x_{ГР1} \rightarrow 0$ ) давление на выходе КД снижается до значения 0,7 МПа и происходит разгрузка насоса. При наличии предельного для эксплуатации значения газовой составляющей ( $m_0 = 0,15$ ) и неизменных остальных параметров переходные процессы переменных изменяются (см. рис. 3), начало движения штока смещается на 0,2 с. Более наглядно это видно на рис. 4, где показаны кривые  $y_z(t)$  при  $m_0 = 0$  (кривая „а“) и  $m_0 = 0,15$  (кривая „б“).

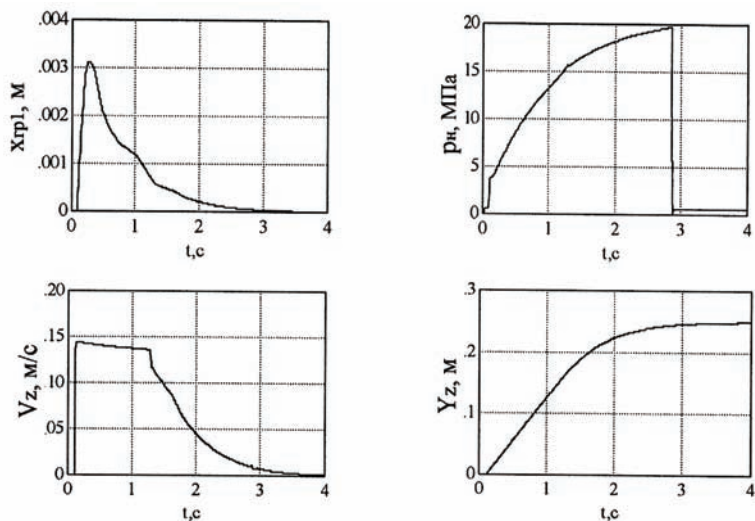


Рис. 2. Переходные процессы перемещения  $x_{ГР1}(t)$  золотника дросселирующего гидрораспределителя, давления  $p_H(t)$  на выходе насоса, скорости  $v_z(t)$  и перемещения  $y_z(t)$  штока цилиндра гидроагрегата при подъеме навесного оборудования трактора:  $U_{BX} = 4,2$  В;  $k_{0Z} = 10$  В/м;  $k_{0ГР} = 800$  В/м;  $m_0 = 0$

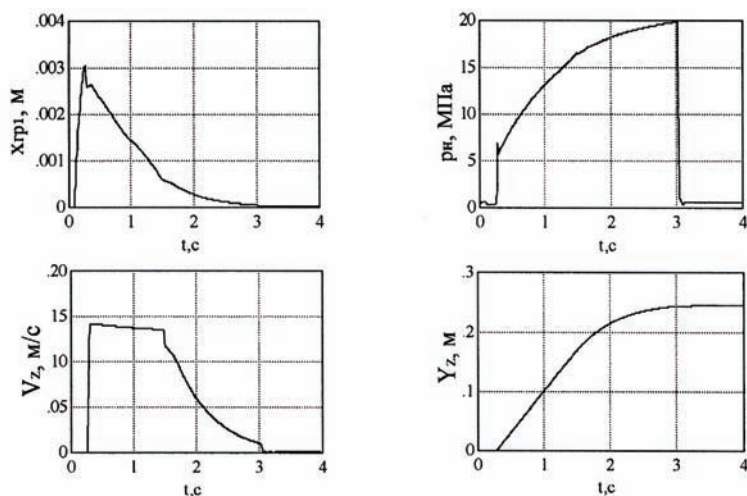


Рис. 3. Осциллограммы процессов перемещения  $x_{ГП1}(t)$ , давления  $p_H(t)$ , скорости  $v_z(t)$  и перемещения  $y_z(t)$  штока цилиндра гидроагрегата при подъеме навесного оборудования трактора:

$$U_{BX} = 4,2 \text{ В} ; k_{0Z} = 10 \text{ В/м} ; k_{0ГП} = 800 \text{ В/м} ; m_0 = 0,15$$

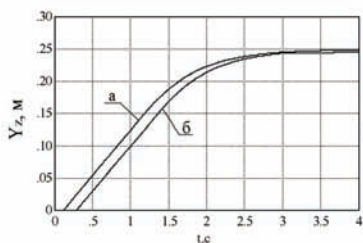


Рис. 4. Влияние газовой составляющей  $m_0$  рабочей жидкости на переходные процессы перемещения штока цилиндра гидроагрегата НО с обратной связью по положению:

$$а - m_0 = 0 ; б - m_0 = 0,15$$

Представляет практическую значимость рассмотреть одновременно влияние на динамические характеристики наличия газовой составляющей в РЖ, переменности коэффициентов расхода в напорном трубопроводе и поршневой полости ГЦ, в сливном трубопроводе и штоковой полости ГЦ, в гидролинии «насос – клапан давления» и сжимаемости РЖ в напорном и сливном трубопроводах. Кривая рис. 5, отображающая динамическую ошибку координаты  $\Delta y_z(t)$ , получена при сопоставлении следующих

модельных кривых: одна кривая  $y_z(t)$  для исходных данных, при которых получена кривая  $y_z(t)$  рис. 2, но при  $m_0 = 0,025$  (это значение соответствует началу эксплуатации РЖ) и вторая – при постоянном значении модуля объемной упругости РЖ, равной 1500 МПа, постоянном коэффициенте расхода  $\mu = 0,71$  и отсутствии сжимаемости РЖ в трубопроводах. Как видно из рис. 5 наибольшая ошибка 4,6 мм появляется при  $t = 1,3$  с, а конец подъема происходит с ошибкой  $\sim 4$  мм. Следовательно, для повышения адекватности модели следует учитывать  $m_0 \neq 0$ , переменность  $\mu$  и сжимаемость РЖ в трубопроводах.

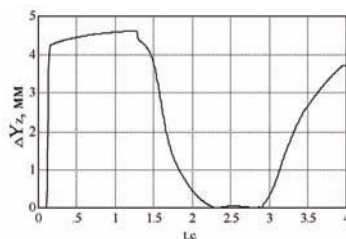


Рис. 5. Динамическая ошибка перемещения штока ГЦ при подъеме НО, вызванная допущением постоянства коэффициента расхода, модуля объемной упругости и отсутствием сжимаемости РЖ в трубопроводах

## Выводы

1. Газосодержание в РЖ, переменность коэффициентов расхода в различных узлах гидроагрегата, сжимаемость РЖ в трубопроводах оказывают влияние на динамические характеристики.
2. Анализ переходных процессов в гидроагрегате открывает возможности: исследовать влияние различных параметров на динамические характеристики; оценить быстродействие гидроагрегата.

Список литературы: 1. Бондарь В. А. Новые решения в гидроприводе тракторов // Промислова гідраліка і пневматика. – 2003. – № 2. – С. 81 – 84. 2. Строк Е. Я., Бельчик Л. Д. Разработка перспективных конструкций систем управления навесным устройством трактора // Тр. XI Междунар. науч.-техн. конф. “Машиностроение и техносфера XXI века”. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – Т. 3. – С. 162 – 166. 3. Лурье З. Я., Цента Е. Н. Математическая модель узла «электрогидравлический преобразователь – золотник распределителя» гидроагрегата навесного оборудования трактора // Промислова гідраліка і пневматика. – 2007. – № 3 (17). – С. 96 – 98. 4. Лурье З. Я., Цента Е. Н. Математическая модель узла «гидрораспределитель – гидроцилиндр» гидроагрегата навесного оборудования трактора // Вісник Східноукраїнського університету імені Володимира Даля. – 2007. – Ч. 2. – № 3 (109). – С. 89 – 93. 5. Лурье З. Я., Цента Е. Н. Математическая модель клапана давления гидроагрегата с чувствительностью к нагрузке // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета / Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2007. – Вып. 38. – С. 200 – 203.

*Поступила в редколлегию 17.03.08.*